

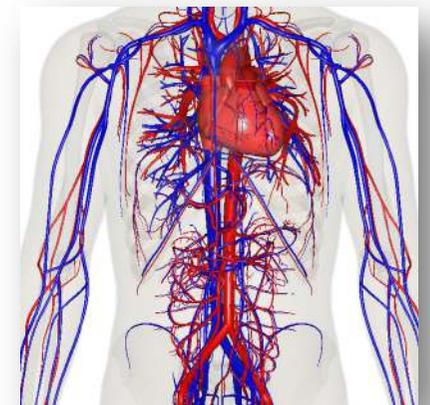
Fisiologia do Sistema Cardiovascular – Aula 01

Profa. Dra. Nayara Soares Sena Aquino

Sistema Cardiovascular (CV)

Funções

- ✓ Transporte e distribuição de substâncias (O₂, hormônios, nutrientes, etc).
- ✓ Remoção de produtos metabólicos (CO₂, ureia, ácido úrico, etc).
- ✓ Homeostase: manutenção de pH, regulação da temperatura corporal, controle da concentração de íons essenciais.
- ✓ Manutenção do balanço / volume de fluidos .



Sistema Cardiovascular

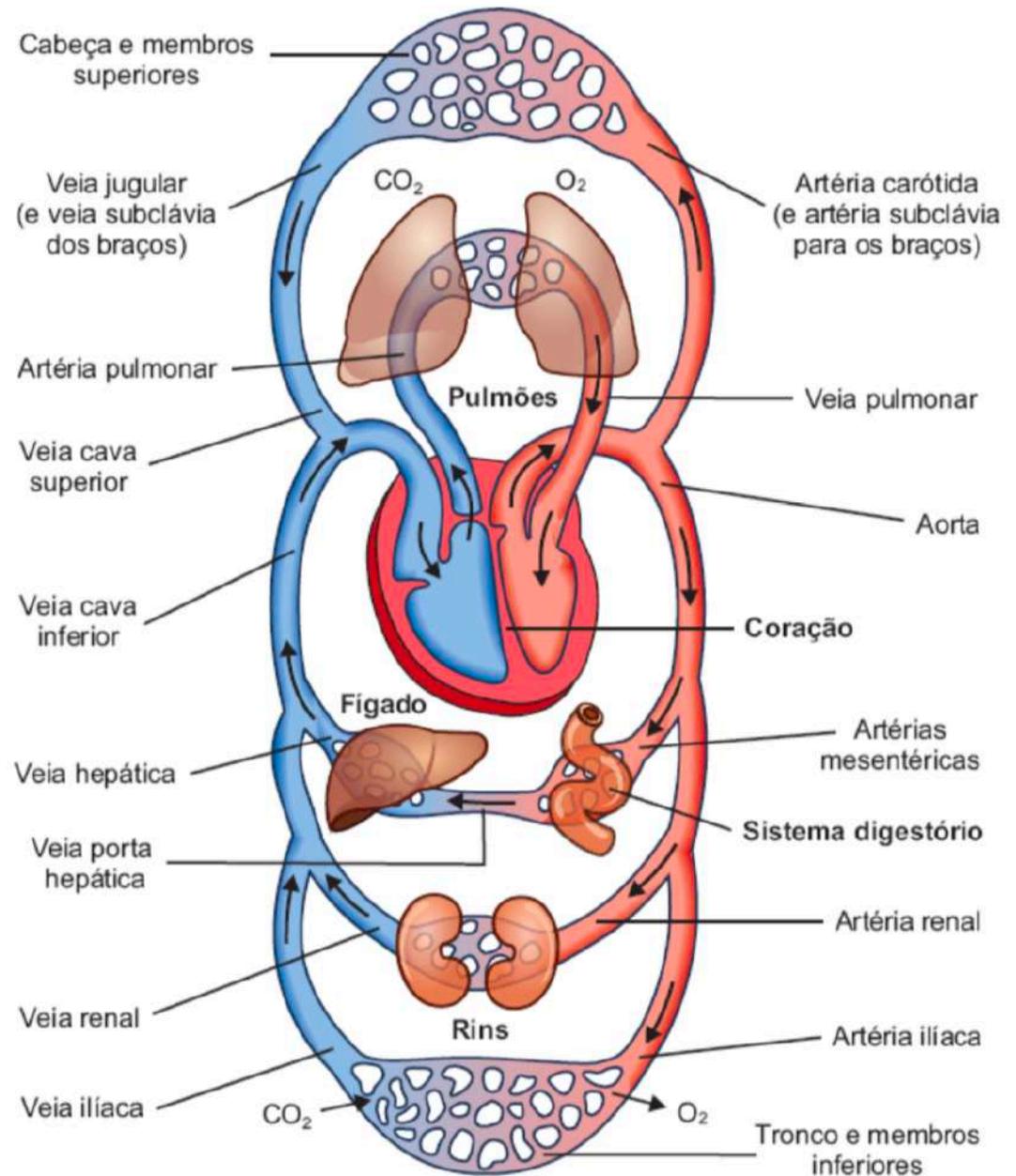
Componentes

- 1) Coração
- 2) Vasos sanguíneos
- 3) Sangue



Fluxo unidirecional

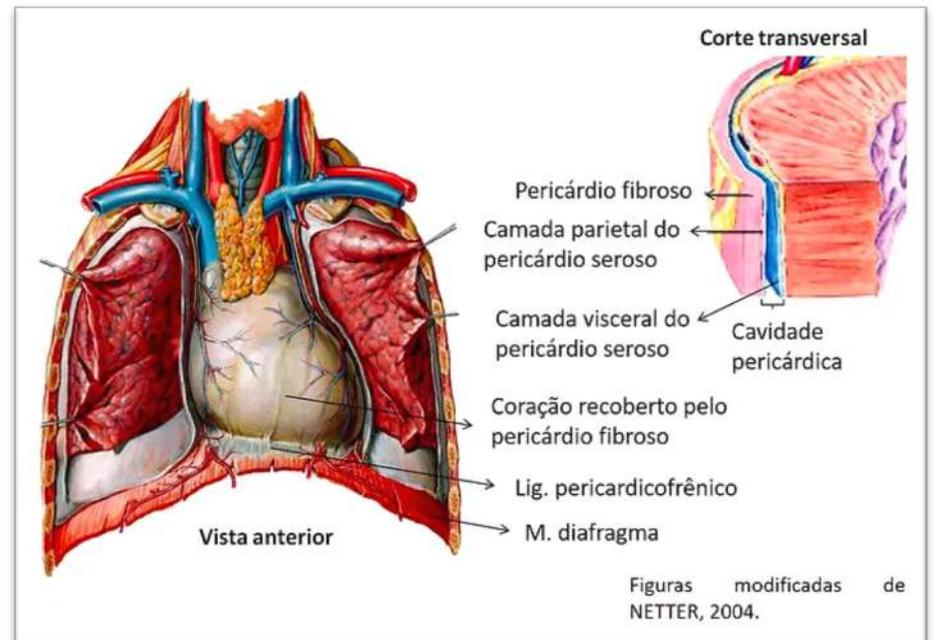
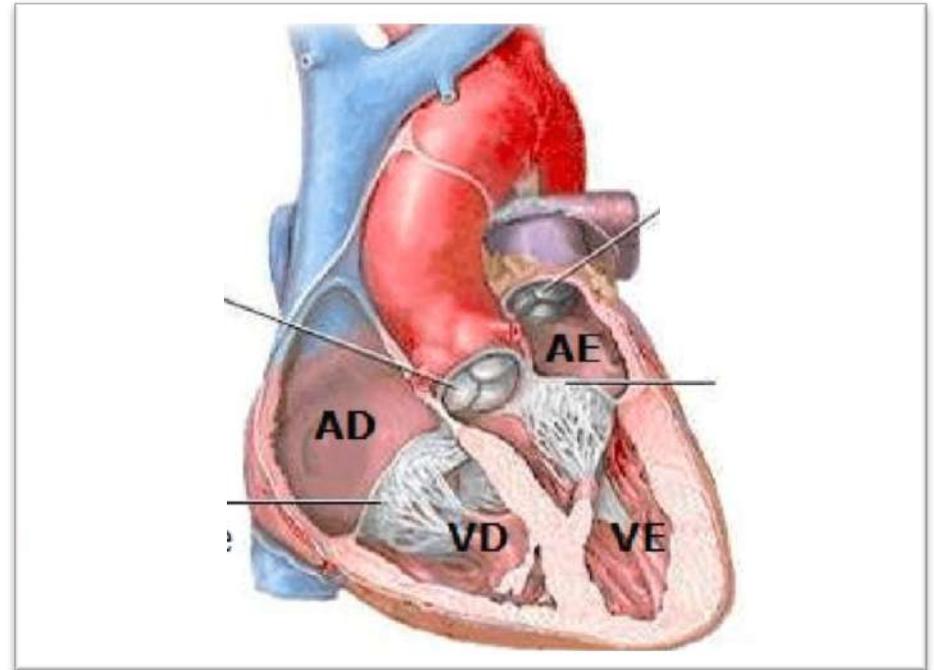
- Lado direito: **sangue desoxigenado**
- Lado esquerdo: **sangue oxigenado**



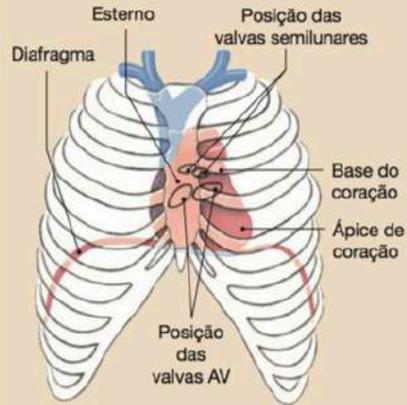
O Coração

1) Anatomia:

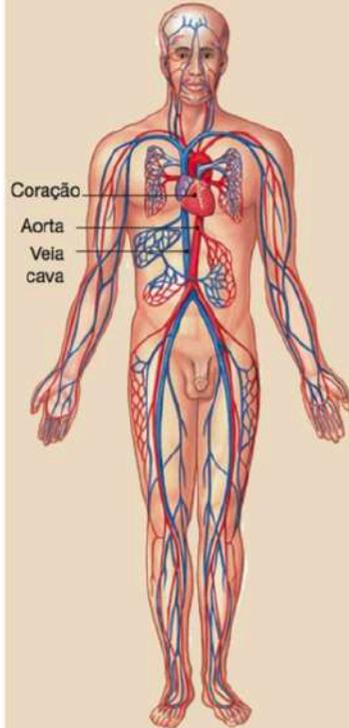
- ✓ Localização: mediastino
- ✓ Maior parte à esquerda da linha média
- ✓ Base: porção superior
- ✓ Ápice: porção inferior
- ✓ **4 câmaras:** 2 átrios superiores e 2 ventrículos inferiores
- ✓ **Miocárdio** = músculo cardíaco
- ✓ **Pericárdio:** saco membranoso que envolve o coração



O CORAÇÃO

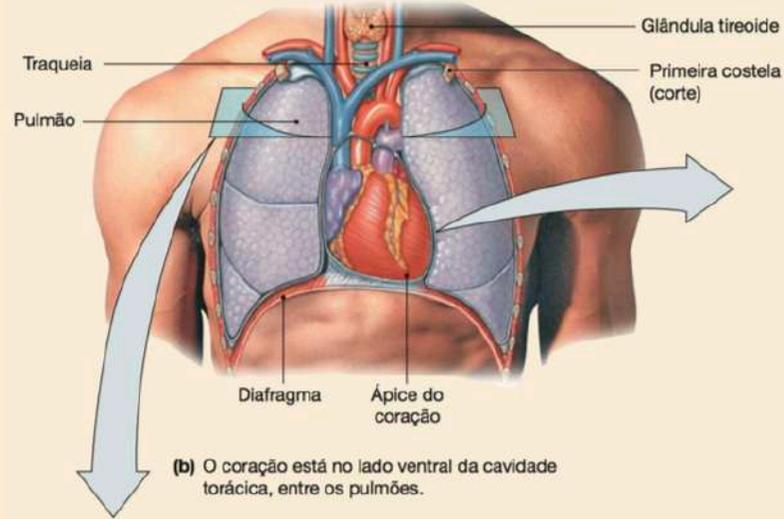


(a) O coração dispõe-se no centro do tórax.

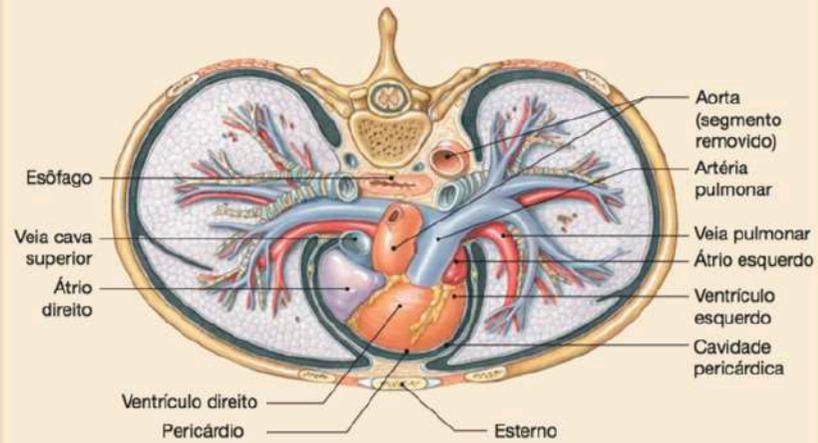


(c) Os vasos que transportam o sangue bem-oxigenado estão em vermelho, e os vasos com sangue pouco oxigenado, em azul.

ANATOMIA DA CAVIDADE TORÁCICA

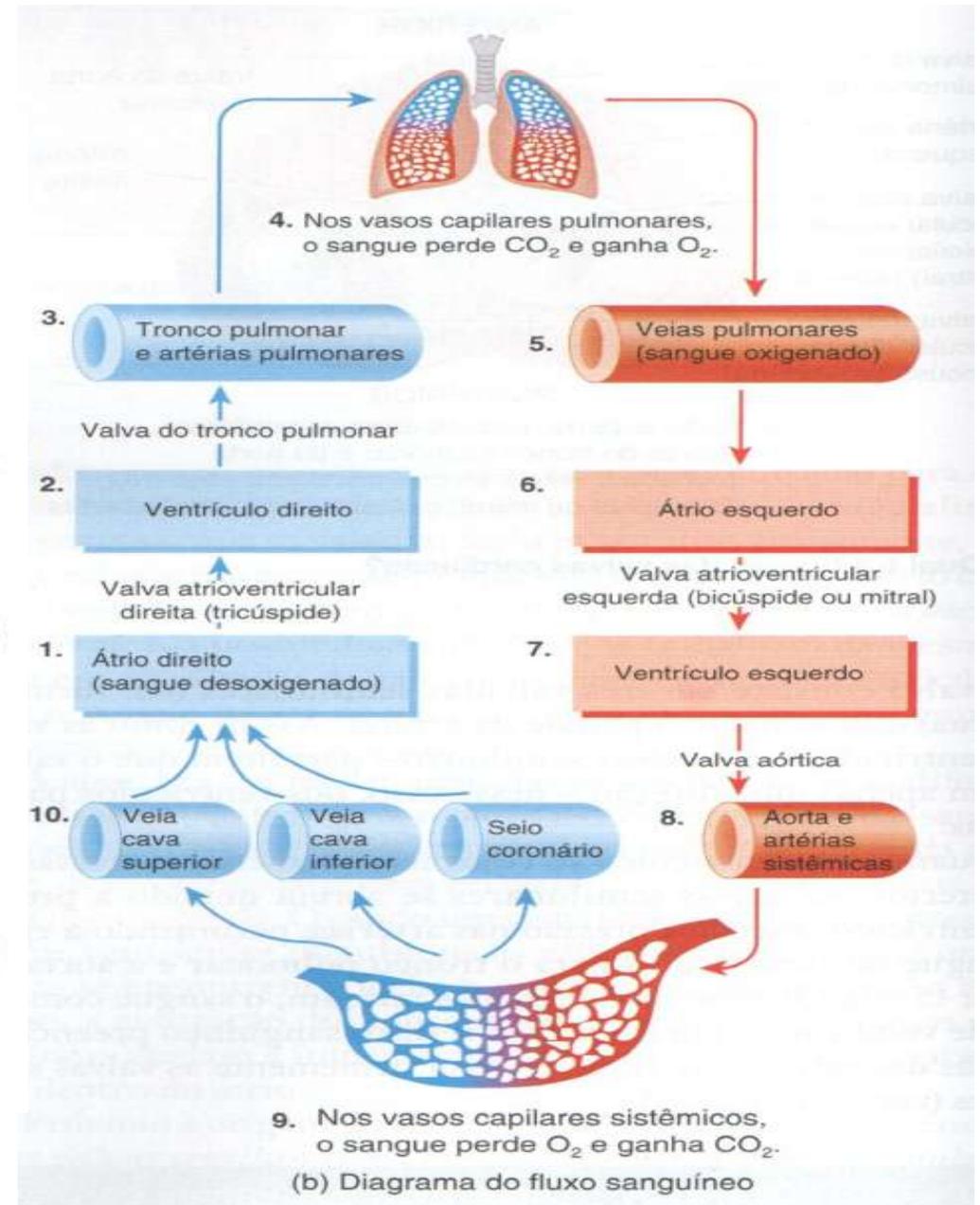
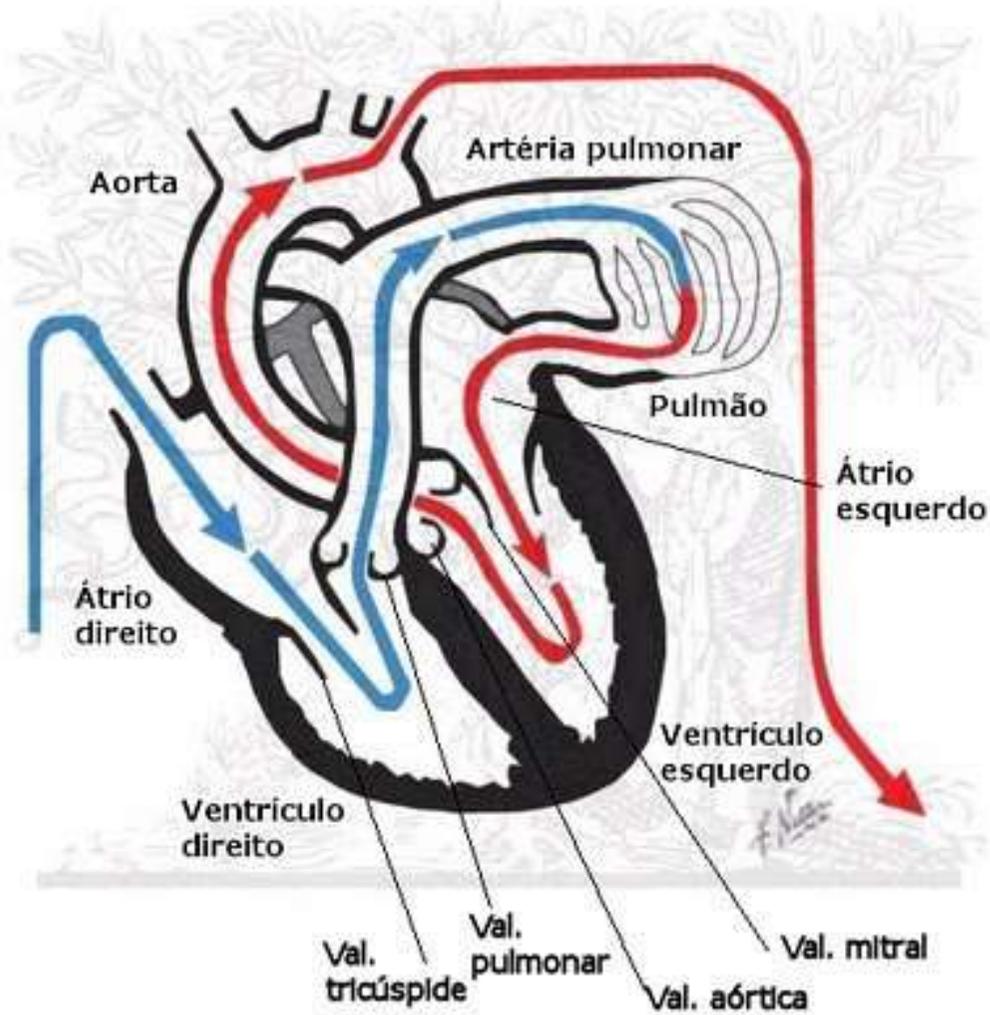


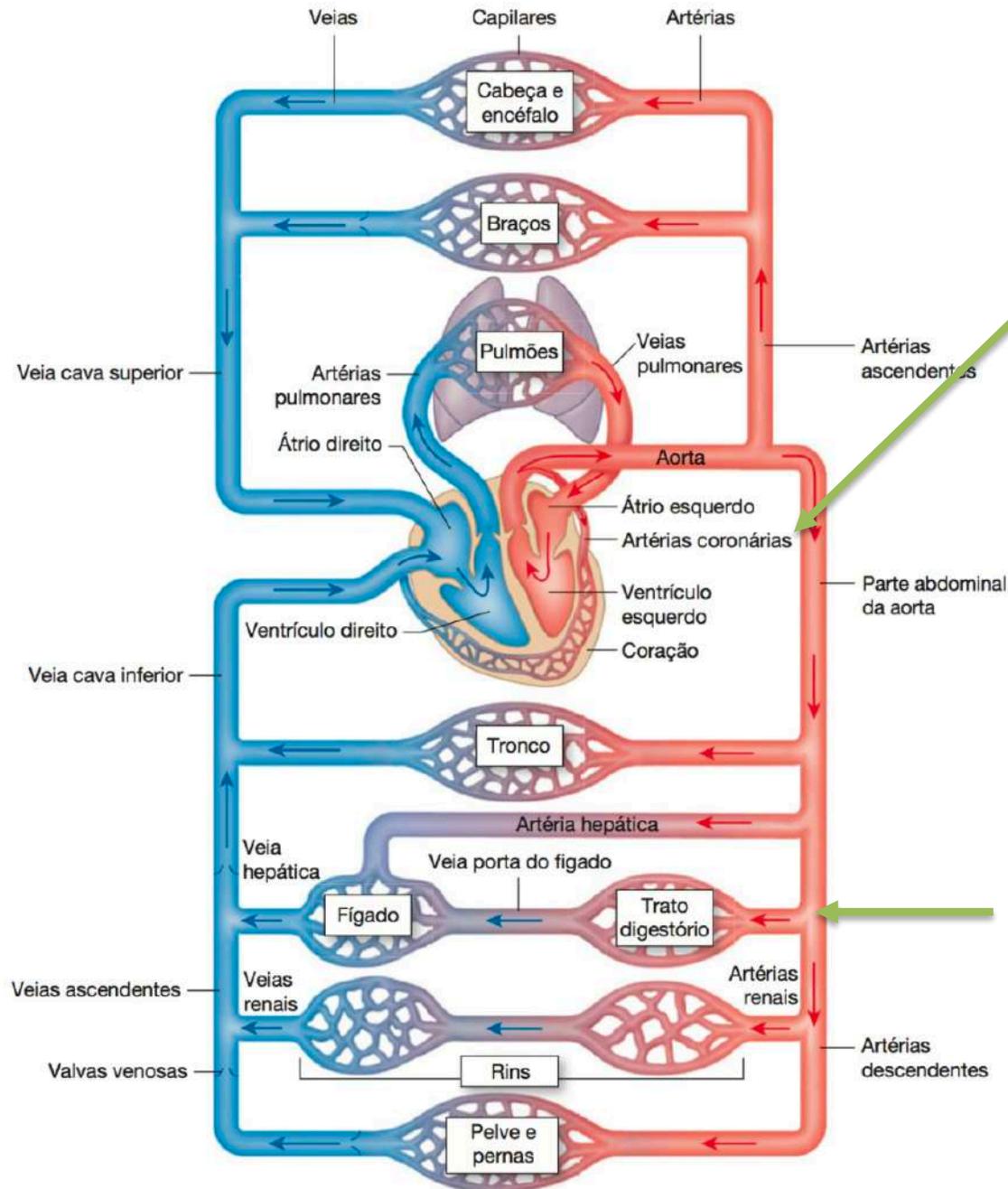
(b) O coração está no lado ventral da cavidade torácica, entre os pulmões.



(d) Vista superior do plano transverso de (b)

Fluxo sanguíneo no coração

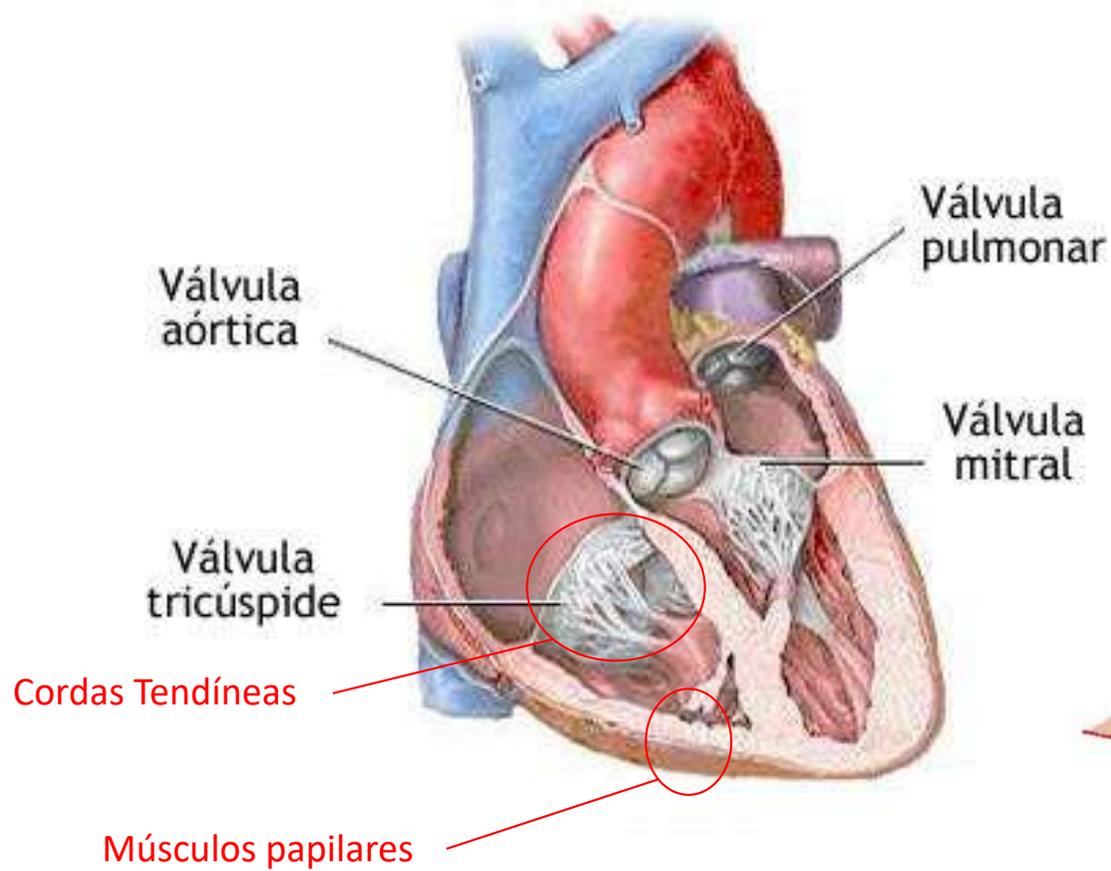




Artérias coronárias: suprem o coração de sangue oxigenado

Sistema porta hepático: leva sangue diretamente do trato digestório para o fígado

Válvulas cardíacas

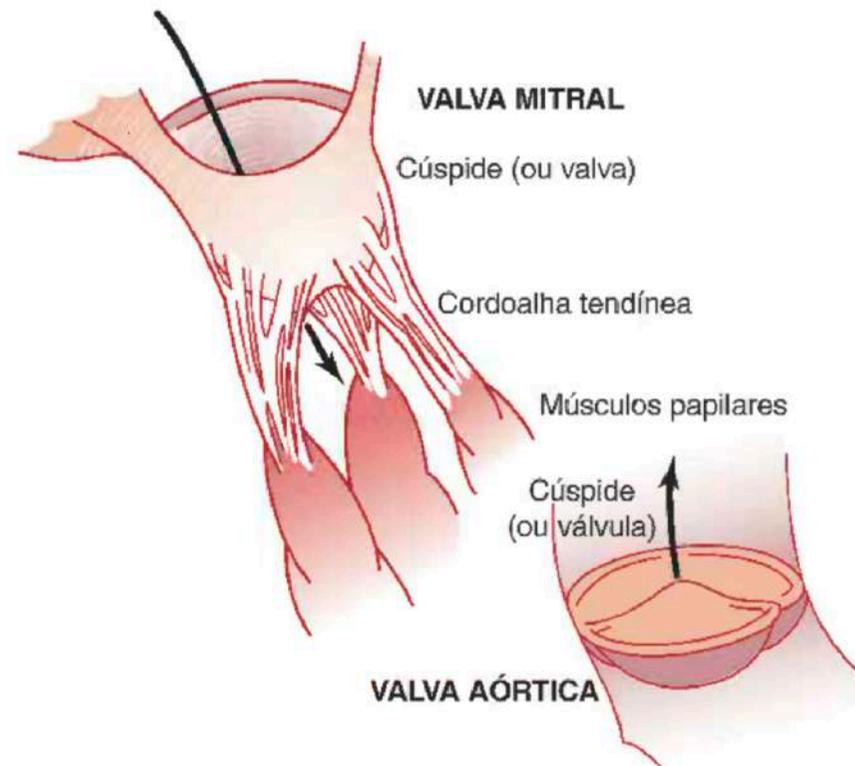


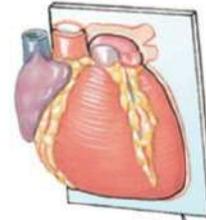
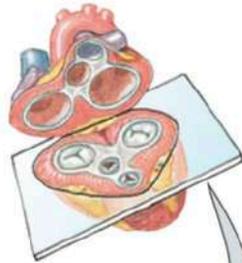
1) Válvulas atrioventriculares

- Mitral
- Tricúspide

2) Válvulas semilunares

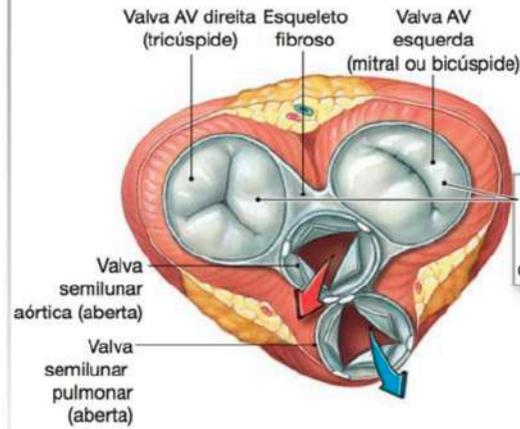
- Aórtica
- Pulmonar



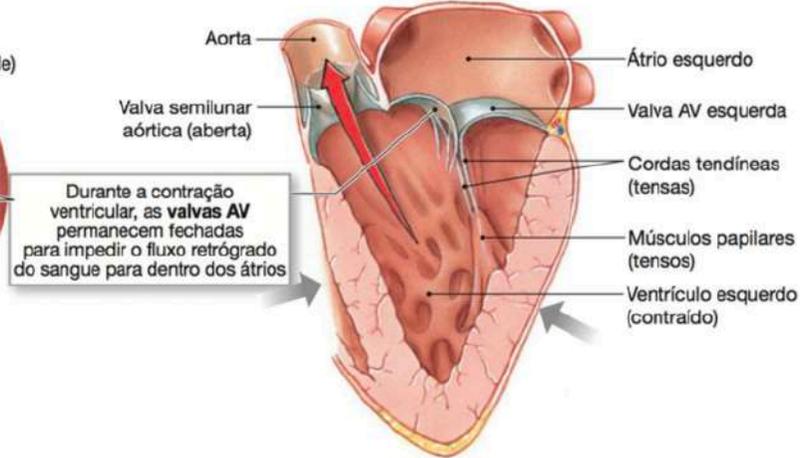


CONTRAÇÃO VENTRICULAR

(a) Secção transversal



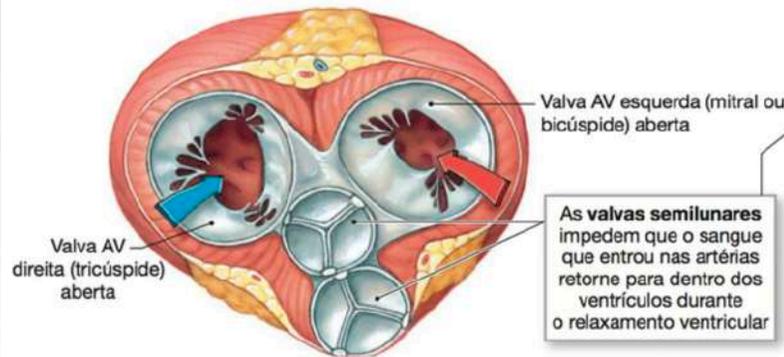
(b) Secção frontal



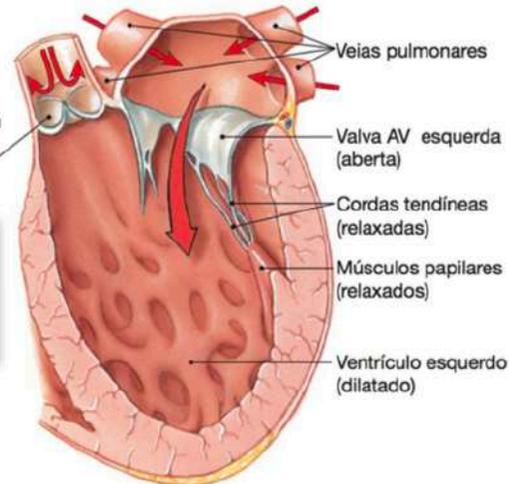
Durante a contração ventricular, as **valvas AV** permanecem fechadas para impedir o fluxo retrógrado do sangue para dentro dos átrios

RELAXAMENTO VENTRICULAR

(c) Secção transversal



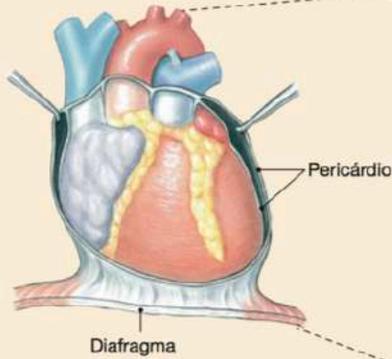
(d) Secção frontal



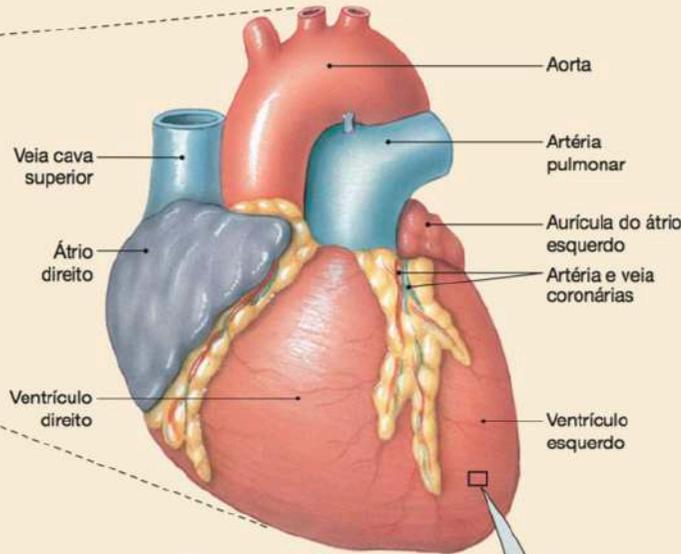
As **valvas semilunares** impedem que o sangue que entrou nas artérias retorne para dentro dos ventrículos durante o relaxamento ventricular

Animação Coração 3D

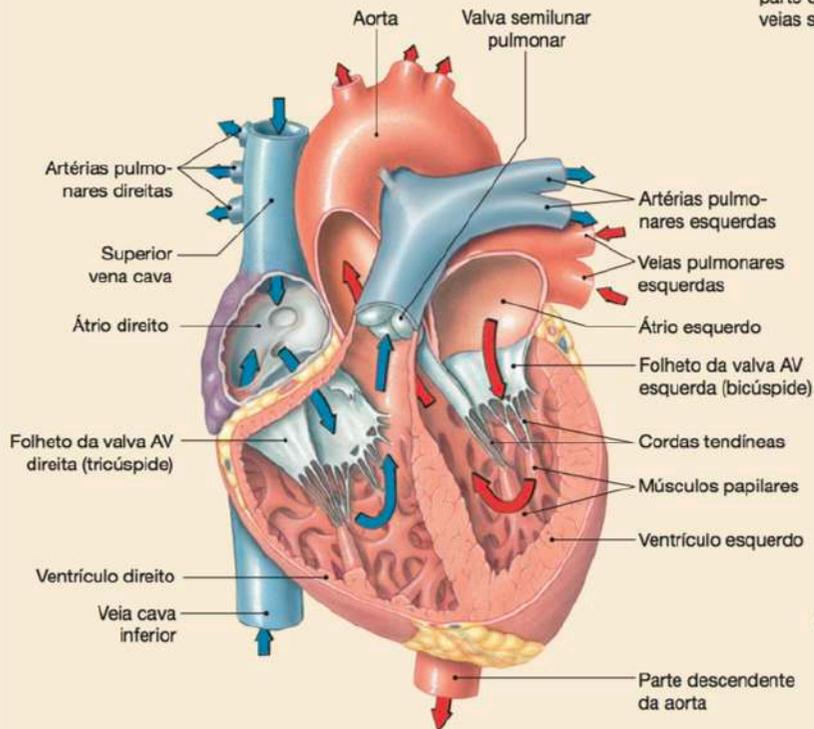
ESTRUTURA DO CORAÇÃO



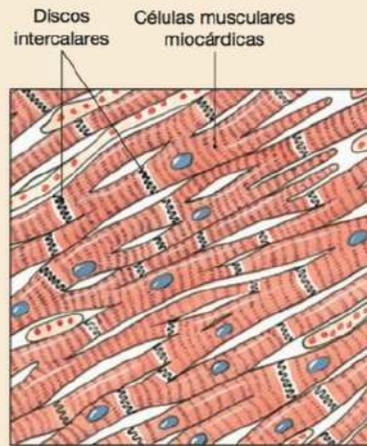
(e) O coração é envolvido por um saco membranoso cheio de líquido, o pericárdio.



(f) Os ventrículos ocupam a maior parte do coração. Todas as artérias e veias se fixam à base do coração.

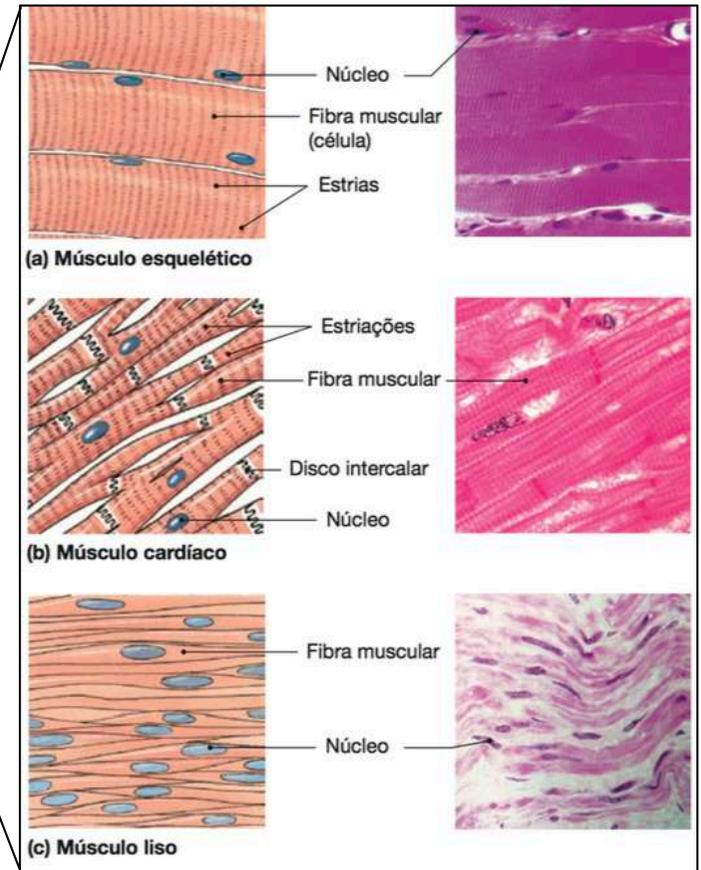


(g) O fluxo unidirecional pelo coração é assegurado por dois conjuntos de valvas.



(h) As células musculares miocárdicas são ramificadas, têm um único núcleo e são ligadas umas às outras por junções especializadas conhecidas como discos intercalares.

Relembrando...
Tipos de músculos:



Músculo estriado cardíaco

Bombeia sangue através de uma contração organizada

Contração = sístole / Relaxamento = diástole

Sincício cardíaco

Um potencial de ação iniciado em região especializada se propaga rapidamente por todo o coração.

- Sincronização da contração
- Maior eficiência.

Discos intercalares

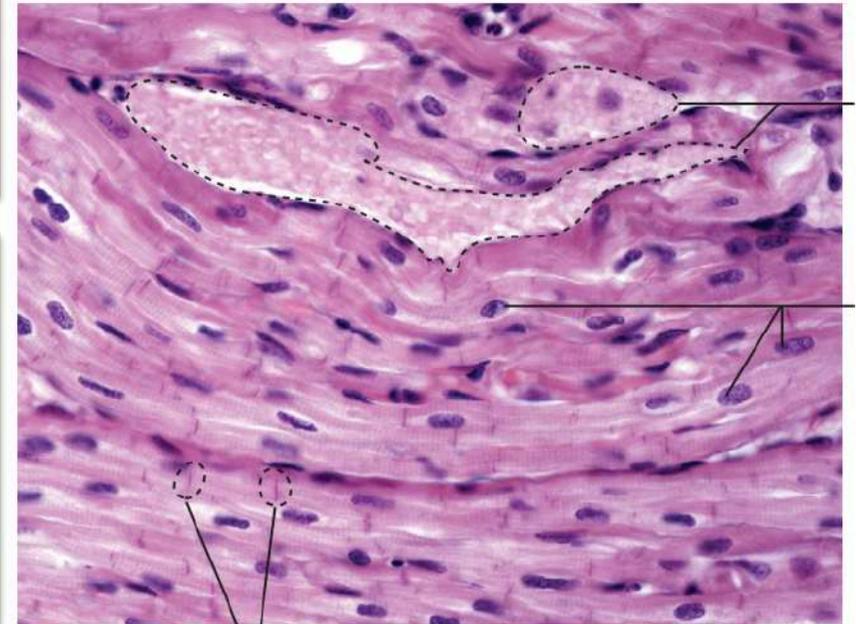
Conectam as células cardíacas

1. Junções de aderência e desmossomos

- Conexões mecânicas
- Evitam que as células se soltem.

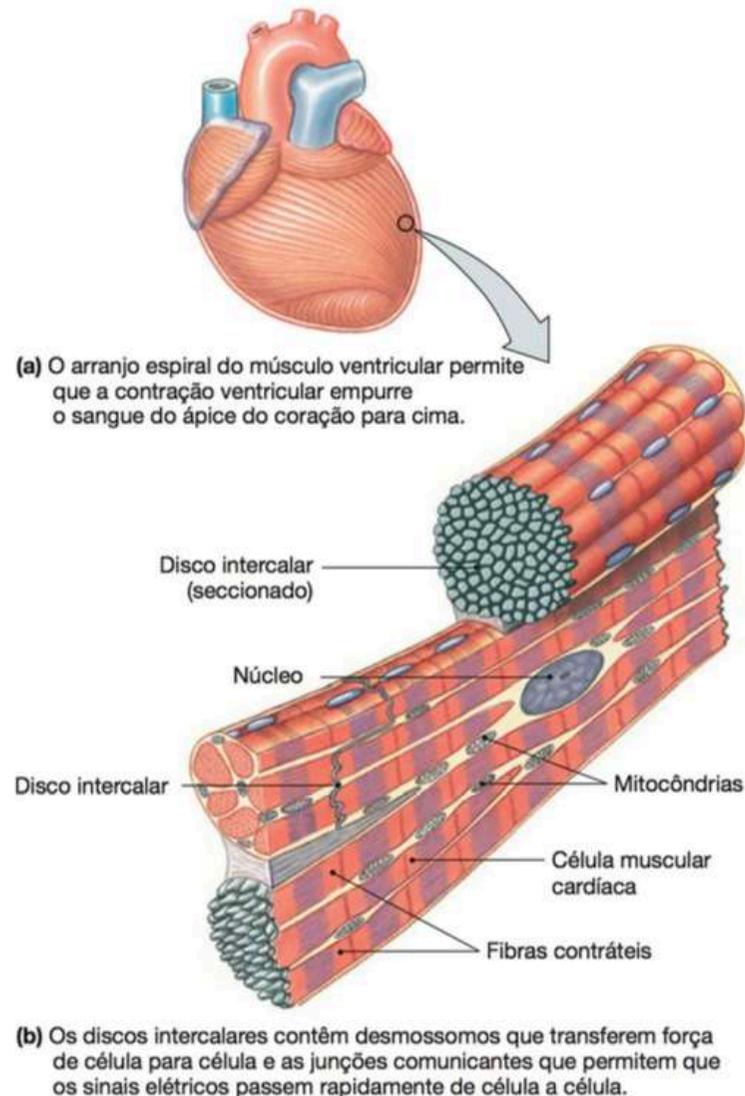
2. Junções comunicantes (gap)

- Conexões elétricas
- Propagação rápida do potencial de ação.



Discos intercalares

Potencial de ação no coração



Células marca-passo

- Células autoexcitáveis = capazes de gerar o próprio potencial de ação.
- Potencial de ação de propaga pelas fibras cardíacas através dos túbulos T e junções comunicantes

Fibra muscular

1. Miofibrilas

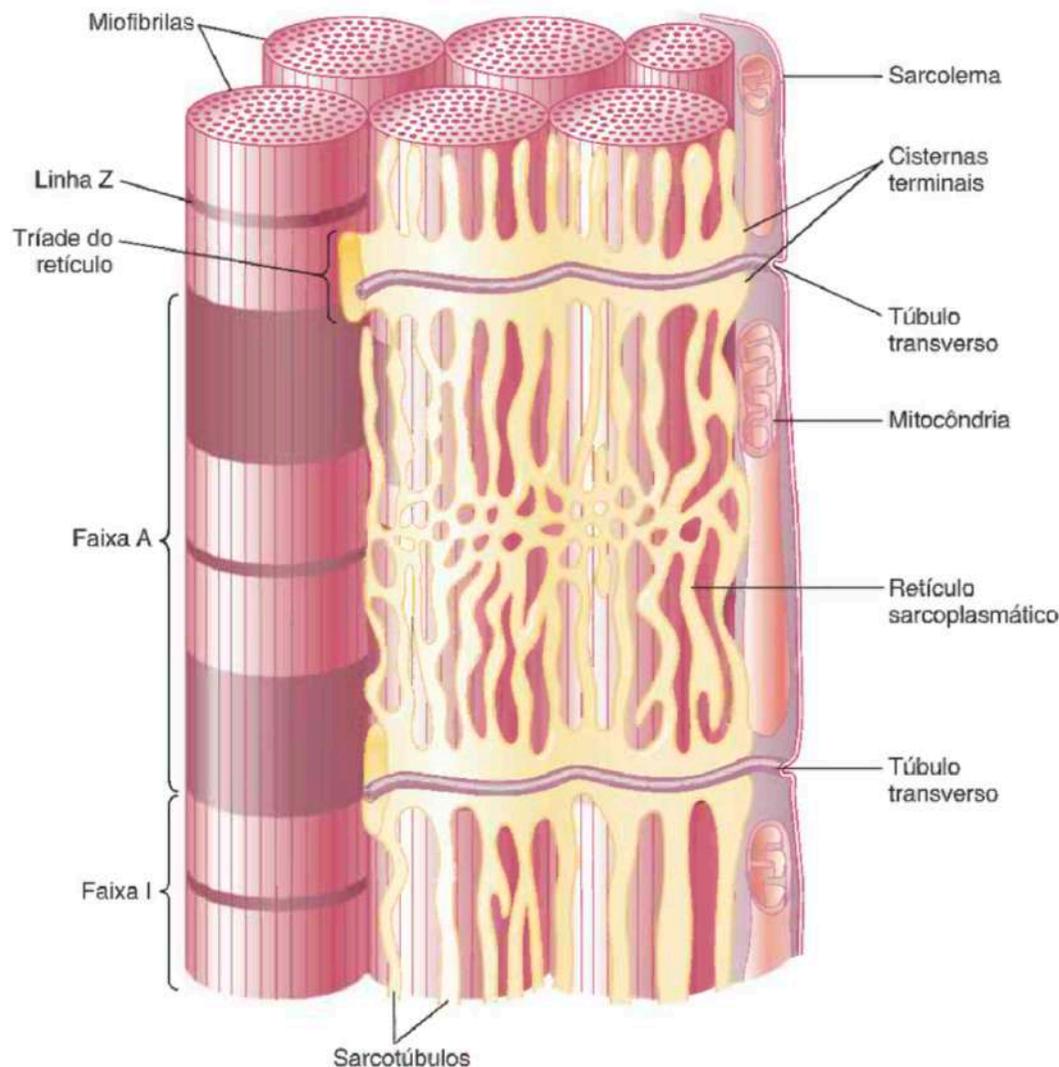
- Filamentos de actina e miosina

2. Retículo sarcoplasmático (RS) + Túbulos T

- **Túbulos T:** extensões da membrana que se abrem para o exterior
- **RS:** armazenam e liberam Ca^{++} para a contração muscular = elevação de Ca^{++} intracelular

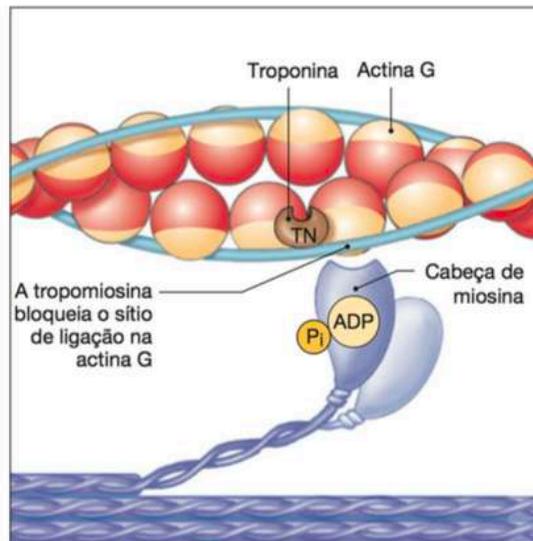
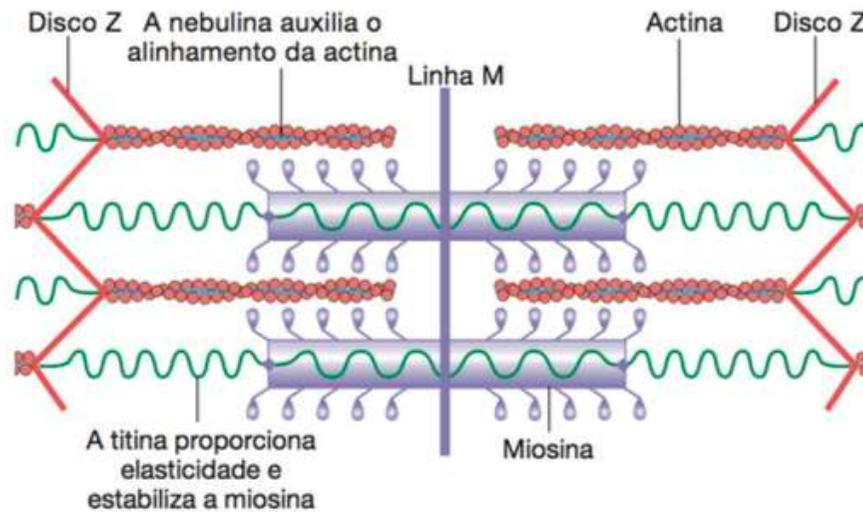
3. Mitocrôndrias

- Grande quantidade
- Alta capacidade oxidativa

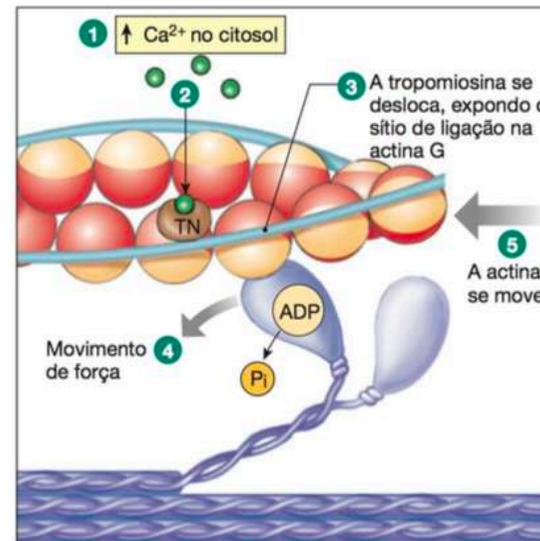


Relembrando...

Organização dos filamentos de actina e miosina



(a) Estado relaxado. Cabeça de miosina engatilhada.



(b) Início da contração.

1 Os níveis de Ca²⁺ aumentam no citosol.

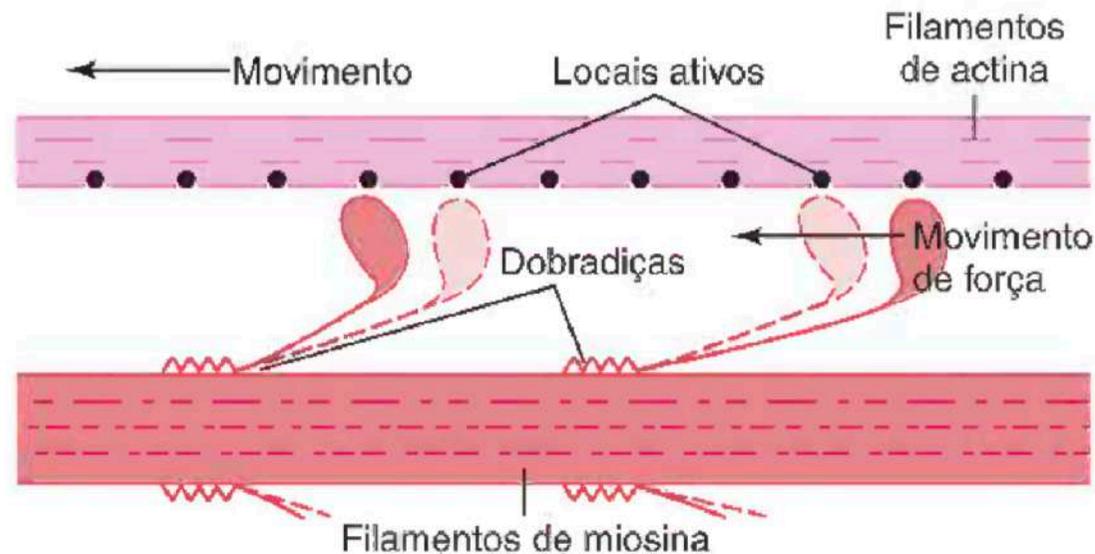
2 O Ca²⁺ se liga à troponina (TN).

3 O complexo troponina-Ca²⁺ afasta a tropomiosina do sítio de ligação da miosina na actina G.

4 A miosina se liga à actina e completa o movimento de força.

5 O filamento de actina se move.

Mecanismo de contração da fibra cardíaca

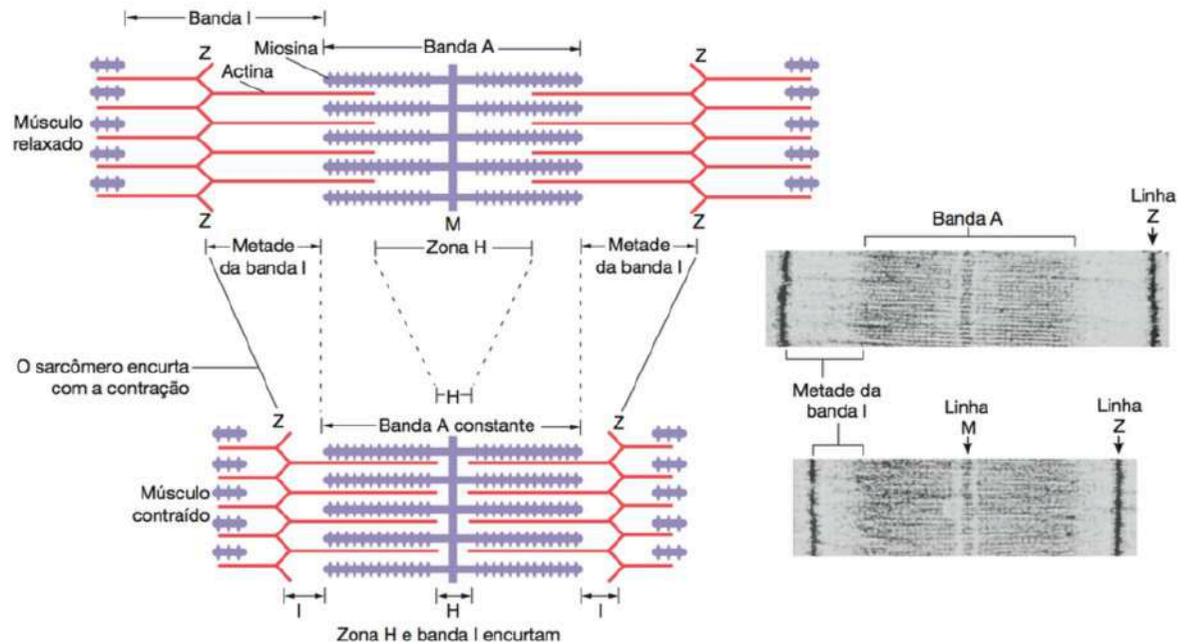


1. Repouso = baixa concentração de Ca^{++}
Tropomiosina bloqueio o sítio de ligação da actina.
2. Potencial de ação [Ca^{++}]
 Ca^{++} se liga à troponina C → Alteração conformacional → Liberação dos sítios de ligação da actina
3. Cabeça da miosina se liga à actina = **pontes cruzadas**

Contração muscular

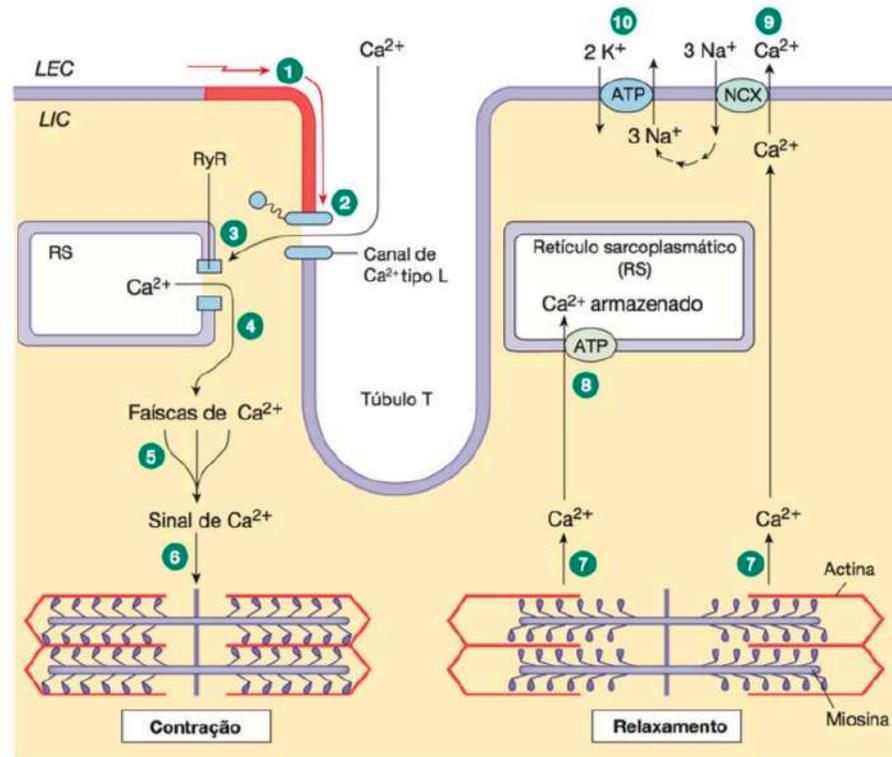
Contração

Deslizamento dos filamentos de actina sobre os filamentos de miosina puxando as linhas Z.



Acoplamento excitação-contração no músculo cardíaco

1. Potencial de ação através dos túbulos T
2. Ca^{++} do retículo sarcoplasmático (menos desenvolvido que o RS do músculo esquelético)
3. Deslizamento das miofibrilas
4. Cálcio extracelular (prolonga o potencial de ação)
5. Relaxamento cardíaco – bomba de Ca^{++} do RS

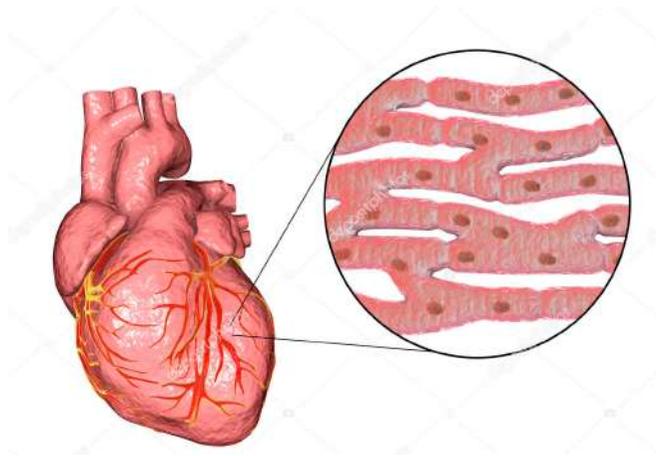


- 1 O potencial de ação chega proveniente de células adjacentes.
- 2 Canais de Ca^{2+} controlados por voltagem se abrem. O Ca^{2+} entra na célula.
- 3 O Ca^{2+} induz a liberação de Ca^{2+} pelos canais receptores de rianodina (RyR).
- 4 Liberação local causa faíscas de Ca^{2+} .
- 5 A soma de faíscas de Ca^{2+} cria um sinal de Ca^{2+} .
- 6 Os íons Ca^{2+} se ligam na troponina para iniciar a contração.
- 7 O relaxamento ocorre quando o Ca^{2+} se desliga da troponina.
- 8 Ca^{2+} é bombeado de volta para dentro do retículo sarcoplasmático para ser armazenado.
- 9 O Ca^{2+} é trocado por Na^+ pelo trocador de antiporte NCX.
- 10 O gradiente do Na^+ é mantido pela $\text{Na}^+-\text{K}^+-\text{ATPase}$.

Sem Ca^{++} extracelular não há contração cardíaca

Acoplamento excitação-contração no coração

Mm cardíaco



Força de contração dependente do cálcio extracelular

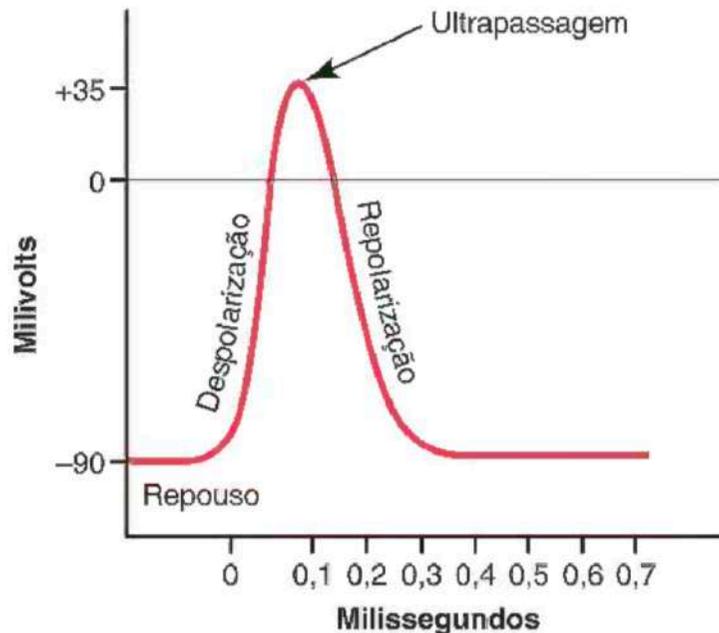
Mm esquelético



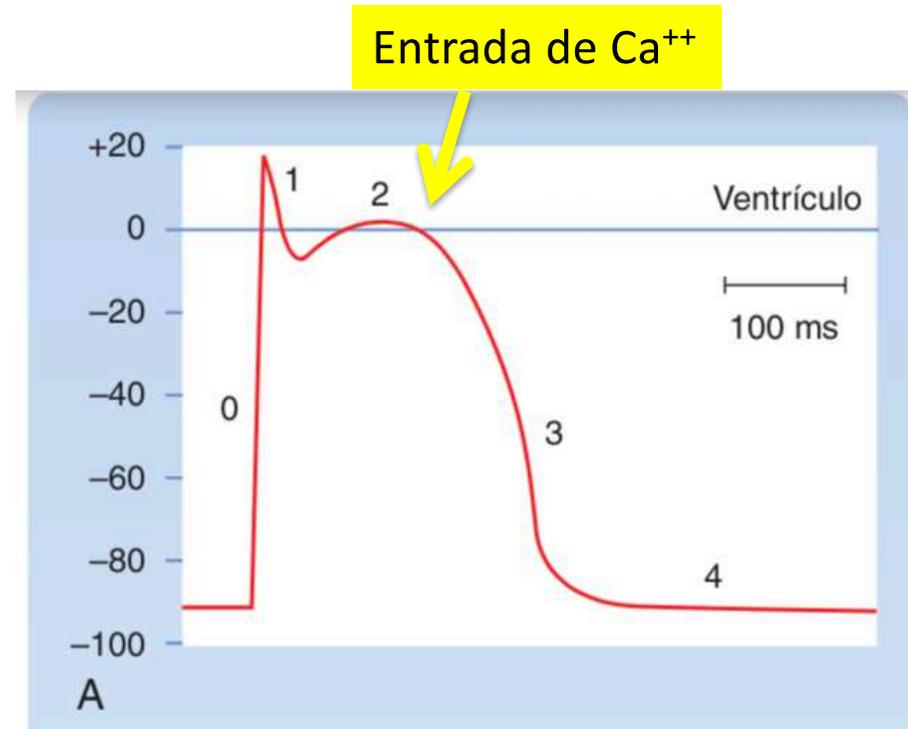
Não depende de cálcio extracelular

Potencial de ação no músculo cardíaco

Músculo esquelético



Músculo cardíaco



Despolarização

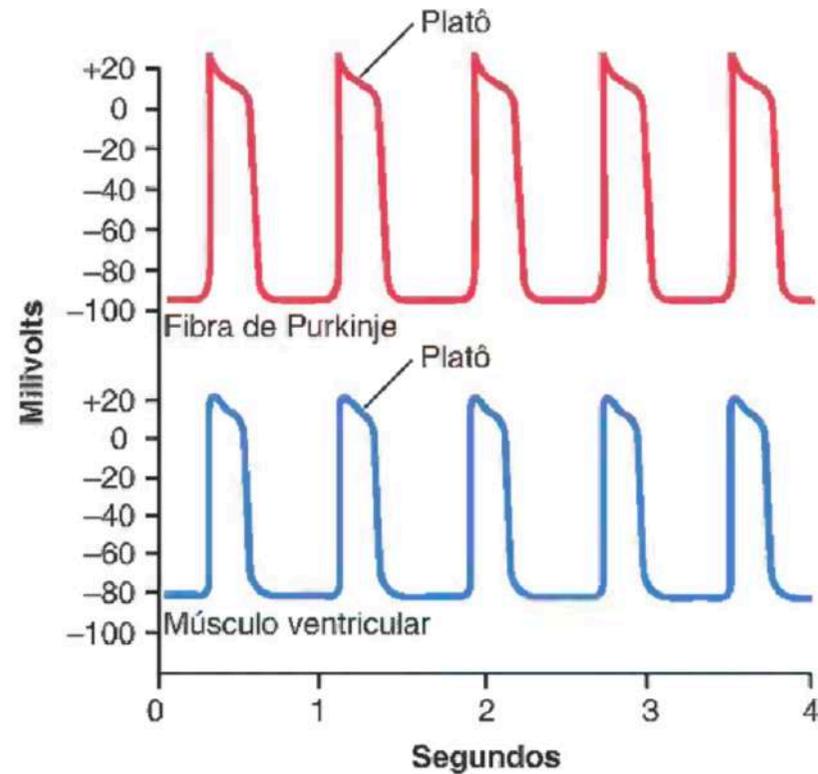
1. Abertura de canais rápidos de Na⁺

1. Abertura de canais rápidos de Na⁺

2. Abertura de canais lentos de sódio-cálcio

3. Redução da permeabilidade ao K⁺

Efeito do Ca^{++} no potencial de ação na fibra cardíaca

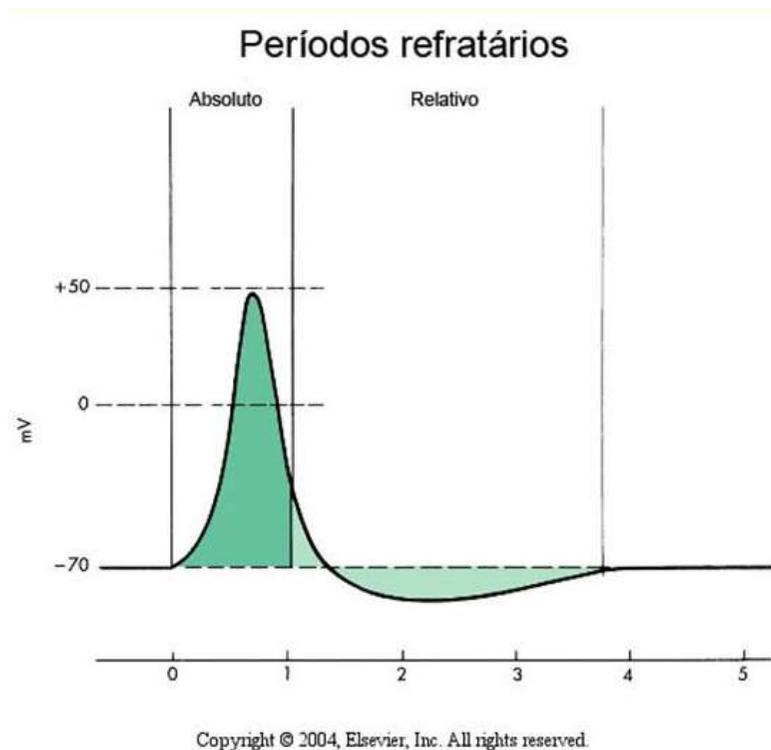


Platô no potencial de ação no músculo cardíaco

- Causado pela entrada de Ca^{++}
- Prolonga a despolarização e o tempo de contração da fibra cardíaca (15 X maior que no músculo esquelético)
- Força de contração cardíaca = depende dos níveis de Ca^{++} extracelulares.

Período Refratário Absoluto

Um novo potencial de ação não pode ocorrer na fibra excitável enquanto a membrana ainda estiver despolarizada pelo potencial de ação anterior.



Canais de sódio/ cálcio inativos



Retorno do potencial de membrana

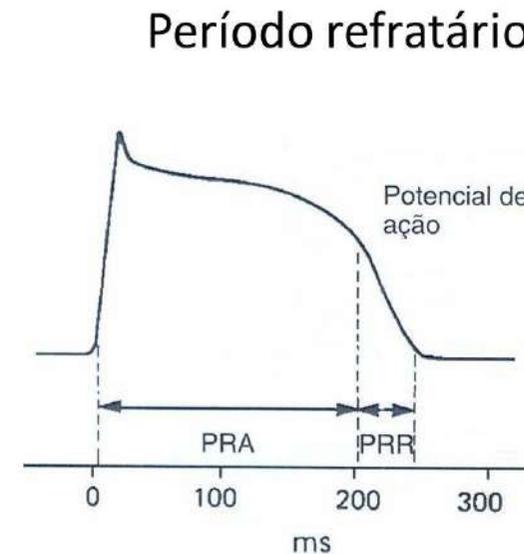
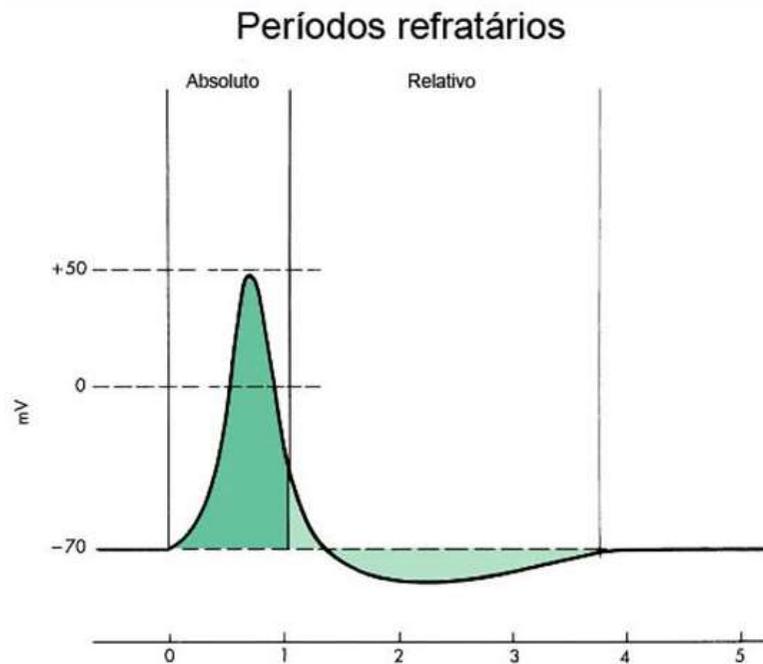


Ativação dos canais de Na⁺

Período Refratário Relativo

Durante esse tempo um estímulo mais forte que o normal pode excitar a fibra

1. Muitos canais de Na^+ ainda não reverteram sua inativação
2. Os canais de K^+ estão abertos



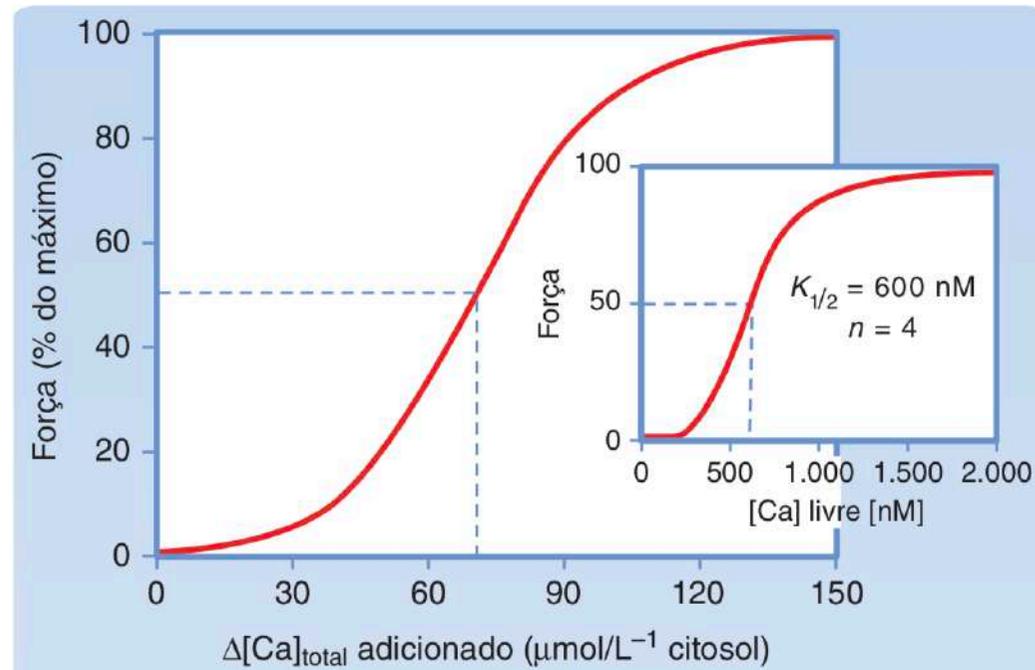
Regulação da força de contração cardíaca

Mm. esquelético	Mm cardíaco
Recrutamento de mais fibras musculares	Sincício = todas as fibras são ativadas durante a contração.

Como o coração consegue alterar sua força de contração?

Modulando a concentração de Ca^{++} intracelular

- Ativação simpática
- Comprimento do sarcômero no início da contração



Regulação da força de contração cardíaca – papel do SNS

1. **Inotropia positiva** = ↑ força de contração
2. **Cronotropia positiva** = ↑ frequência cardíaca

Ativação do sistema nervoso simpático

- Liberação de norepinefrina e epinefrina
- Receptores β -adrenérgicos
- Efeito inotrópico e cronotrópico positivo = contrações mais fortes e mais frequentes

